



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10145757 A

(43) Date of publication of application: 29.05.98

(51) Int. Cl  
**H04N 7/08**  
**H04N 7/081**  
**G09C 5/00**  
**H04N 1/387**

(21) Application number: 09291970  
(22) Date of filing: 24.10.97  
(30) Priority: 05.11.96 US 96 746022

(71) Applicant: NEC CORP  
(72) Inventor: TANAKA KAZUYOSHI  
WAKASU YUTAKA  
COX INGEMAR  
MILLER MATTHEW

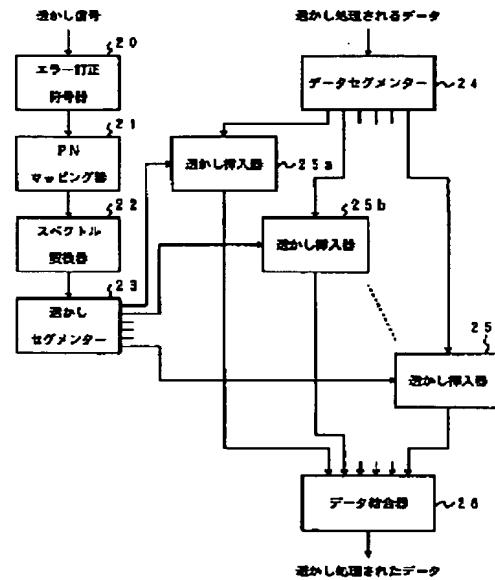
(54) INSERTION METHOD AND EXTRACTION  
METHOD FOR ELECTRONIC WATERMARK

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the reliability of an electronic watermark by inserting only a part of a watermark signal to a partial image and connecting together the watermark signals which are found out of a group of partial images to restore an original watermark signal.

**SOLUTION:** A watermark signal is processed into a noise spectrum signal by an error correction coder 20, an NP mapping unit 21 and a spectrum converter 22. A watermark is systematically divided into several parts by a watermark segmenter 23. The data to be undergo the watermark processing are segmented into (8x8) partial images, for example, by a data segmenter 24. Every partial watermark is added to a data block which is converted into a spectrum after formation of the spectrum. As a result, the data are converted again into a space area. Finally, the data blocks which undergone the watermark processing and sent from the watermark inserters, 25a, 25b, etc., are built into a data connector 26.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



Best Available Copy

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
 H 04 N 7/08  
 7/081  
 G 09 C 5/00  
 H 04 N 1/387

識別記号

F I  
 H 04 N 7/08  
 G 09 C 5/00  
 H 04 N 1/387

Z

(21)出願番号 特願平9-291970  
 (22)出願日 平成9年(1997)10月24日  
 (31)優先権主張番号 08/746022  
 (32)優先日 1996年11月5日  
 (33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 000004237  
 日本電気株式会社  
 東京都港区芝五丁目7番1号  
 (72)発明者 田中 和佳  
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
 (72)発明者 若洲 豊  
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
 (74)代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

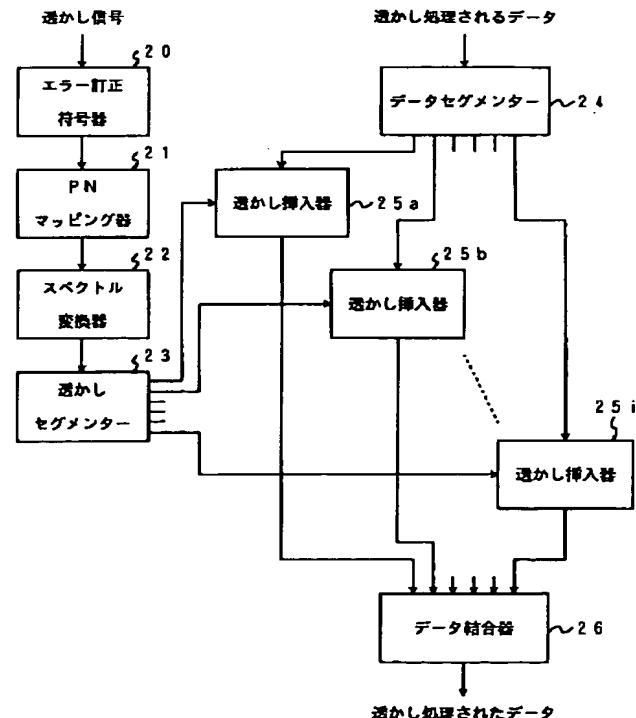
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】電子透かしの挿入方法及び抽出方法

## (57)【要約】

【課題】部分画像に透かし情報を蓄積し、その部分画像から透かし情報を抽出することによって信頼性を改善すること。

【解決手段】透かし処理されるデータを複数の小区域に分割する。透かし処理されるデータの周波数係数をそれぞれの小区域で算出する。透かし信号を擬似乱数ノイズシーケンスにマッピングすることによって、挿入される透かし信号を拡散スペクトル変調する。平均出力の関数としてのPNをデータのそれぞれの周波数係数にスペクトル形成する。そしてスペクトル形成されたそれぞれのPNシーケンスをそれぞれの小区域のデータの所定係数に挿入する。こうして画像、映像、及び音声データを含むデータの電子透かし処理は、透かしをデータの小区域あるいは部分画像に繰り返し挿入することによって行なわれる。同様に、透かしはデータの小区域から繰り返し抽出される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透かし信号を透かし処理されるデータに挿入するための方法において、透かし処理されるデータを複数の小区域に分割するステップ、透かし処理されるデータの周波数係数をそれぞれの小区域で算出するステップ、透かし信号をPN(擬似乱数ノイズ)シーケンスにマッピングすることによって、挿入される透かし信号を拡散スペクトル変調するステップ、平均出力の関数としてのPNをデータのそれぞれの周波数係数にスペクトル形成するステップ、及びスペクトル形成されたそれぞれのPNシーケンスをそれぞれの小区域のデータの所定係数に挿入することを有することを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項2】 請求項1による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、前記挿入はデータがMPEG量子化処理された後に実行されることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項3】 請求項1による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、前記周波数係数はDCT(離散的コサイン変換)係数であることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項4】 請求項3による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、それぞれの小区域は $8 \times 8$ ピクセルのブロックであることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項5】 請求項4による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、前記挿入はデータがMPEG量子化処理された後に実行されることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項6】 請求項1による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、それぞれの小区域が $8 \times 8$ ピクセルのブロックであることを特徴とする電子透かし処理方法。

【請求項7】 請求項6による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、前記挿入はデータがMPEG量子化処理された後に実行されることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項8】 請求項6による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、透かし信号の周波数係数は、小区域にそれぞれスペクトル形成されたPNシーケンスを挿入する前に回転することを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項9】 請求項8による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、前記挿入はデータがMPEG量子化処理された後に実行されることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項10】 請求項8による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、透かし信号周

波数係数の部分集合のみがいずれか一つの小区域に挿入されることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項11】 請求項10による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、透かし信号は同期部位及び照合部位を有することを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項12】 請求項11による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、前記挿入はデータがMPEG量子化処理された後に実行されることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項13】 請求項11による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、同期部位と照合部位の間には相互関係がほとんどないことを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項14】 請求項1による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、平均出力の関数としてのスペクトル形成は、基本的には2次元周波数係数をジグザグに進むことによって1次元的にベクトル化されることによって得られる係数の $3 \times 1$ ウインドウであることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項15】 請求項1による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、スペクトル形成は、DC項に最も近い2つの4結合周波数係数に基づいた平均出力の関数であることを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項16】 透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、

透かし処理されたデータの小区域を受信するステップ、正規化されたそれぞれの信号を発生させるためにそれぞれの小区域から透かし処理されたデータをスペクトル正規化するステップ、

単一の透かしを発生させるためにそれぞれの小区域からそれぞれの正規化されたデータを結合するステップ、相関している信号をそれぞれの小区域のそれぞれの所定のPNシーケンスに与えるために所定のシンボルに対応する所定のPN(擬似乱数ノイズ)シーケンスに単一の透かしを相関させるステップ、どの相関信号が最新のシンボルに最もなりうるかを決定するステップ、

40 透かしに対応する最もあり得る最新のシンボルのシーケンスを抽出するステップを有することを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項17】 請求項16による透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、小区域がMPEG符号化及び復号化に使用される $8 \times 8$ のブロックであることを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項18】 請求項17による透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、单一の透かしを発生させるためにそれぞれの小区域からの正規化された信号を結合する前記ステップがブロック間の透かしの

相対的な回転を除去することを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項19】 請求項18による透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、それぞれのブロックに挿入された部分的な透かしから透かしをその後復元することを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項20】 請求項19による透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、周波数スペクトル内の位置に基づいて透かし係数に荷重することを含み、その荷重は、共通の信号変換に対するそれぞれの周波数係数の帯磁率の関数であることを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項21】 請求項16による透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、抽出される透かしの全ての回転シャフトを相関させ、最大値を選択することを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項22】 請求項16による透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、最大値を決定するために透かしの同期部位の全ての回転シャフトを相関させ、照合部位と所定のPNシーケンス間で相関させる前に最大値を得るために同期部位が回転するので、透かしの照合部位がその後それと同じ量だけ回転することを含むことを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項23】 透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、透かし処理されたデータの小区域を受信するステップ、それぞれの正規化された信号を発生させるためにそれぞれの小区域からの透かし処理されたデータをスペクトル正規化するステップ、相関する信号をそれぞれの小区域の所定のPNシーケンスに与えるために所定のシンボルに対応する所定のPNシーケンスとそれぞれの正規化された信号を相関させるステップ、抽出されたシンボルストリームを与えるために、どの相関信号がそれぞれの小区域の最新の信号に最もなりうるかを決定するステップ、抽出されたシンボルストリームのエラー訂正するステップ、透かしに対応する最もあり得る最新のシンボルのシーケンスを抽出するステップを有することを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項24】 請求項23による透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、前記エラー訂正是リードソロモンエラー訂正であることを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項25】 透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、透かし処理されるデータを複数の小区域に分割するステップ、透かしの部位が一つ以上の部分透かしに含まれている複

数の部分透かしに透かし信号を分割するステップ、前記複数の部分透かしを前記複数の小区域に挿入するステップを有することを特徴とする電子透かしの挿入方法。

【請求項26】 請求項25による透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、それぞれの部分透かしがそれぞれの小区域に挿入されるのでそれぞれの小区域が少なくとも1つの部分透かしを含むことを特徴とする電子透かしの挿入方法。

10 【請求項27】 透かし処理されるデータから透かし信号を抽出する方法において、

透かしデータの複数の小区域を受信するステップ、前記複数の小区域のそれぞれの小区域から部分透かしを抽出するステップ、透かし信号と同一基準の信号を得るために全ての小区域から抽出された部分透かしを結合し平均するステップを有することを特徴とする電子透かしの抽出方法。

【請求項28】 請求項27による透かし処理されたデータから透かし信号を抽出する方法において、

20 透かし信号と同一基準の信号を複数のシンボル信号に分割するステップ、予め規定された信号の集合にそれぞれのシンボル信号を相関させるステップ、予め規定されたどの信号がそれぞれのシンボル信号に最も良く対応するかを決定するステップ、透かし信号を発生させるために最も良く対応する信号を結合するステップを有することを特徴とする電子透かしの抽出方法。

#### 【発明の詳細な説明】

30 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像、映像、及びマルチメディアデータを含むデータの電子透かしに関する。特に、本発明は透かしのための信号の挿入及び埋め込まれた信号の抽出に関し、挿入及び抽出の手順はデータの小区域に繰り返し適応される。これらの小区域がMPEG及びJPEG圧縮と減圧に使用される8×8ピクセルのブロックに対応する時、透かし手順は、かなりの計算の節約を行うためにこれらの圧縮アルゴリズムと強く結合することが可能である。

40 【0002】

【従来の技術】画像、映像及びマルチメディアといった電子化メディアの急増によって、データ源の識別を容易にする保障システムの必要性が出てきている。

【0003】内容の供給者、(即ち、デジタルデータ形式での製品の所有者)は、映像/画像/マルチメディアのデータに信号を埋め込むことが必要となり、この信号は著作権の所有権の立証、管理、運用のためにソフトウェア及び/あるいはハードウェアの装置によって検出されることが可能である。

50 【0004】例えば、符号化された信号が、データが複

写されるべきではないことを示すためにデータに挿入されるかもしれない。埋め込まれた信号は画像の忠実度を保護しなければならず、共通の信号変換に対して強く、干渉に抵抗できなければならない。更に、最新の要求は比較的低い、1フレームに2、3ビットであっても、システムによって与えられるデータレートを考慮しなければならない。

【0005】“Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia Data”という名称で本発明と同じ権利者に譲渡されており、また本発明中では参考文献として引用されている、1995年9月28日に出願された米国特許出願08/534,894号において、拡散スペクトル透かし方法が提案されており、この方法は内容所有者及び／あるいは保有者を識別するために、透かし信号を画像の知覚的に重要な領域に埋め込むというものである。この手法の長所は透かしを除去することが非常に困難であることである。事実、この方法においては、もし、元の画像あるいはデータと比較可能であれば、透かしは読み取られることのみ可能である。これは、透かしの元のスペクトルが乗法手順を介して画像のスペクトルに形成され、このスペクトル形成は一致したフィルタリングによって検出を行う前に除去されなければならず、透かしはN個の最も大きなスペクトル係数に挿入されるので、その整列は透かし処理の後は保存されていない。このようにこの方法においては、ソフトウェア及び／あるいはハードウェア装置が直接埋め込まれた信号を読み取ることはできない。

【0006】“Secured Spectrum Watermarking for Multimedia”という題名で、<http://www.neci.nj.com/tr/index.html> (Technical Report No. 94-10) で入手可能であるCox et alによる論文の中で、擬似乱数ノイズシーケンスを透かし処理の目的でデジタルデータに埋め込む拡散スペクトル透かし処理のことが説明されている。

【0007】上記の従来例の透かし抽出方法は、元の画像スペクトルが透かし処理された画像スペクトルから控除されることを必要とする。これは、利用可能な元の画像あるいは画像スペクトルがない時、方法の使用が制限される。非常に困難と思われる使用は、操作のために埋め込まれた情報を読み取りたいと望み、このような装置の操作を否定する第3者の装置供給者に対してである。

【0008】“Embedded Signalling”という名称のR. D. Preuss et al.による米国特許第5,319,735号では、デジタル情報が、コードシンボルのシーケンスを作るために符号化されている。コードシンボルのシーケンスは、コードシンボルのシーケンスを示す対応する拡散スペクトルコ

ード信号を発生させることによって音声信号内に埋め込まれる。コードシンボルの周波数成分は、音声信号の帯域幅内にある予め選択された信号帯域に本質的に制限されるので、コード信号の継続セグメントはシーケンスの継続するコードシンボルに対応している。音声信号は、信号帯域を取り囲んでいる周波数帯域に亘って絶えず周波数分析されており、コード信号は、周波数成分レベルの修正されたコード信号を与るために分析の関数として動的にフィルタリングされ、その周波数成分レベル

10 は、基本的にそれぞれの時間において対応する周波数範囲の音声信号周波数成分のレベルの予め選択された割合となる。修正されたコード信号及び音声信号は、デジタル情報が埋め込まれている混成の音声信号を与えるために結合される。この成分音声信号は、それから記録媒体に記録され、あるいは送信チャンネルを受ける。この処理の2つのキーポイントとなる要素は、それぞれ挿入及び抽出の段階で起こるスペクトル形成とスペクトル等化であり、それによって埋め込まれた信号は透かし処理されていない元のデータにアクセスすることなく抽出され

20 ることが可能となる。

【0009】“A Spread Spectrum Watermark for Embedded Signaling”という名称で、本発明では参考文献として引用されているCoxによる1996年9月4日に出願された米国特許出願第08/708,331号では、元来の、即ち透かし処理されていないデータを使用せずに透かし処理された画像あるいは映像から埋め込まれたデータの透かしを抽出する方法が説明されている。この作業は、Preuss et alの本来の作業を

30 音声の領域から画像及び映像の領域まで拡張したものと思われる。

【0010】信号を埋め込むための画像及び画像データを透かし処理するこの方法は、DCT(離散コサイン変換)及び全体の画像の逆数が算出されることを必要とする。NlogN時間においてDCTを算出するための速いアルゴリズムがあるが、この時Nは画像のピクセルの数である。しかしながら、N=512×512に対して、特に、もし符号化及び抽出処理が映像レート、即ち1秒間30フレームで実行されなければならない場合、40 算出要求はさらに高くなる。この方法は、MPEG-I I減圧に必要とされるものの約30倍の計算が必要とする。

【0011】実時間の映像透かし処理を達成する可能性のある一つの方法は、全てのN番目のフレームのみ透かし処理することである。しかしながら、内容所有者は、それぞれ及び全ての映像フレームを保護することを望んでいる。更に、もし、どのフレームが埋め込まれた信号を含んでいるかが分かれば、映像信号に顕著な質の低下をもたらすことなくこれらのフレームを除去することは簡単である。

【0012】“MPEG/SPEG係数を使用した画像データの透かし処理”という名称で、本発明では参考文献として引用されているCoxによる、1996年9月19日に出願された米国特許出願第08/715,953号では、代わりの方法が説明されていて、これは、 $n << N$ である時、 $n \times n$ のブロックの画像（部分画像）に透かしを挿入するものである。算出コストは、次の数式の通りとなる。

【0013】

【数1】

$$\frac{N}{n} \cdot n \log = N \log n$$

$N = 512 \times 512 = 2^9$ 及び $n = 8 \times 8 = 2^6$ に対して、漸近節約は約数である3のみである。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、米国特許出願第08/715,953号で説明されている発明では、キャッシュ、ループ展開、その他の効果的な結果を考えると、全体の画像に亘ってDCTを算出するコストは経験的に非常に高くなる。実際には、その差は30倍の節約となる。さらに重要なことには、もし、ブロックサイズに $8 \times 8$ の大きさ、即ちMPEG画像圧縮に使用されるのと同じサイズが選択された場合、MPEG圧縮及び減圧アルゴリズムの手順と透かしの挿入及び抽出手順をしっかりと結合することが可能である。DCTとその逆数の計算、およびこれらのステップに関係あるほとんどの必要な費用の計算が、圧縮および減圧アルゴリズムの一部として既に算出されているので、相当な計算が節約ができる。透かし処理のためのコスト増加は非常に小さくなり、基本的にはMPEGに関する計算の必要性の5%以下となる。

【0015】本発明の目的は、部分画像に透かし情報を蓄積し、前述のものとは異なるやり方で部分画像から透かし情報を抽出することによって米国特許出願第08/715,953号で説明されている発明の信頼性を改善することにある。

【0016】本発明の具体的な目的は、透かしの部分集合を透かし処理されるデータの小区域の部分集合に挿入することである。

【0017】本発明の他の目的は、透かし処理された信号を平均化することによって透かしが透かし処理されたデータの小区域から抽出され、透かしを決定するために結果的に得られる信号を相關させる電子透かしシステムを提供することである。

【0018】本発明の他の目的は、透かし抽出の信頼性を改善するために、透かしが2つの部位、照合部位及び同期部位からなる電子透かしシステムを提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明は、透かし信号成

分がそれぞれの部分画像に挿入される順番を組織的に変更し、透かし信号のたった一部のみをそれぞれの部分画像に挿入し、透かし検出の間に、予め規定されたいかなる透かしとも相関するためのテストを行う前に本来の透かし信号を復元するために部分画像の集まりに見出だされる透かし信号を結合することによって従来のシステムの信頼性を改善するものである。

【0020】検出のために、部分画像に蓄積された透かし情報を復元するために、逆変換がそれぞれの部分画像10に適用される。その結果、信号は全体の透かしを復元し、ノイズを削減するためにともに平均化される。最終的にこの復元された透かしは、どれが画像に挿入されたかを決定するために、予め規定された透かし信号の集合と比較される。

【0021】本発明によれば、透かし信号を透かし処理されるデータに挿入するための方法において、透かし処理されるデータを複数の小区域に分割するステップ、透かし処理されるデータの周波数係数をそれぞれの小区域で算出するステップ、透かし信号をPN（擬似乱数ノイズ）シーケンスにマッピングすることによって、挿入される透かし信号を拡散スペクトル変調するステップ、平均出力の関数としてのPNをデータのそれぞれの周波数係数にスペクトル形成するステップ、及びスペクトル形成されたそれぞれのPNシーケンスをそれぞれの小区域のデータの所定係数に挿入するステップを有することを特徴とする電子透かしの挿入方法が得られる。

【0022】本発明によれば、透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、透かし処理されたデータの小区域を受信するステップ、正規化されたそれぞれの信号を発生させるためにそれぞれの小区域から透かし処理されたデータをスペクトル正規化するステップ、単一の透かしを発生させるためにそれぞれの小区域からそれぞれの正規化されたデータを結合するステップ、相関している信号をそれぞれの小区域のそれぞれの所定のPNシーケンスに与えるために所定のシンボルに対応する所定のPN（擬似乱数ノイズ）シーケンスに単一の透かしを相關させるステップ、どの相関信号が最新のシンボルに最もなりうるかを決定するステップ、透かしに対応する最もあり得る最新のシンボルのシーケンス40を抽出するステップを有することを特徴とする電子透かしの抽出方法が得られる。

【0023】本発明によれば、透かし処理されたデータから透かしを抽出する方法において、透かし処理されたデータの小区域を受信するステップ、それぞれの正規化された信号を発生させるためにそれぞれの小区域からの透かし処理されたデータをスペクトル正規化するステップ、相関する信号をそれぞれの小区域の所定のPNシーケンスに与えるために所定のシンボルに対応する所定のPNシーケンスとそれぞれの正規化された信号を相関させるステップ、抽出されたシンボルストリームを与える50

ために、どの相関信号がそれぞれの小区域の最新の信号に最もなりうるかを決定するステップ、抽出されたシンボルストリームのエラー訂正するステップ、透かしに対応する最もり得る最新のシンボルのシーケンスを抽出するステップを有することを特徴とする電子透かしの抽出方法が得られる。

【0024】本発明によれば、透かし信号を透かし処理されるデータに挿入する方法において、透かし処理されるデータを複数の小区域に分割するステップ、透かしの部位が一つ以上の部分透かしに含まれている複数の部分透かしに透かし信号を分割するステップ、前記複数の部分透かしを前記複数の小区域に挿入するステップを有することを特徴とする電子透かしの挿入方法が得られる。

【0025】

【発明の実施の形態】図1から4を参照すると、デジタルデータ、例えば画像におけるウォーターマーク等と呼ばれることがある透かしの挿入及び検出のため的一般的な方法の概略ブロック図が示されている。

【0026】以下の説明において、画像データあるいは画像について言及する。本発明は画像データ及び画像への適応性を有するが、本発明の教え及び本発明自体は同様に、映像、画像及びマルチメディアデータに適応可能であり、用語“画像”及び“画像データ”は適用され得るこれらの用語を含んでいることが分かるであろう。ここで使用されているように、“透かし”は埋め込まれたデータ、シンボル、画像、命令あるいはその他の識別するいかなる情報をも含んでいることが分かるであろう。

【0027】以下に、米国特許出願第08/534,894号で説明されている画像に透かしを挿入する手順をINSERT-ORIGINALとし、また透かしを抽出あるいは検出する手順をEXTRACT-ORIGINALとしてそれぞれの手順について言及する。また、1996年9月4日に出願された米国特許出願第08/708,331号で説明されている、画像に透かしを挿入する手順をINSERT-WHOLEとし、また透かしを抽出あるいは検出する手順をEXTRACT-WHOLEとしてそれぞれの手順について言及する。また、米国特許出願第08/715,953号で説明されている画像に透かしを挿入する手順をINSERT-MPEG-Aとし、透かしを抽出あるいは検出する手順をEXTRACT-MPEG-Aとしてそれぞれの手順について言及する。

【0028】図1は、画像に透かしを挿入するためのINSERT-WHOLEの手順の概略ブロック図を示している。アルファベットから選択されたシンボルの最終的なシーケンスの形式の透かし信号がエラー訂正符号器10へ入力され、エラー訂正符号器10は、このシーケンスを余分な情報を含んでいる他のシーケンスに変換する。符号器10の出力は、PNマッピング器11に与えられ、PNマッピング器11は符号化された透かしのそ

れぞれのシンボルを予め特定されている擬似乱数ノイズ(PN)コードにマッピングする。PNマッピング器11の出力はスペクトル変換器12に与えられ、スペクトル変換器12は擬似乱数ノイズシーケンスを周波数領域に変換する。その変換は離散的コサイン変換(DCT)によるものであるのが好ましいが、速いフーリエ変換、ウェーブレット型分解等もまた周波数変換に使用されることが可能である。同時に、透かし処理されるデータはその他のスペクトル変換器13に与えられる。2つのス

ペクトル変換器12及び13の出力は、それからスペクトル整形器14へ入力され、スペクトル整形器14は、画像データに加えられる時、透かしをマスクするためにスペクトル変換器12からの擬似乱数ノイズコードのスペクトル特性を修正する。スペクトル変換器13からのスペクトル的に変換された透かし処理されるデータは、遅延器15に入力される。スペクトル整形器14の出力はそれから加算器16の遅延器15の出力に付加される。加算器16の出力は逆変換器17に供給される。この逆変換器17による逆変換の結果が透かし処理されたデータである。

【0029】INSERT-MPEG-Aは、透かし処理されるデータを多数のブロック、例えば $8 \times 8$ ピクセルの部分画像あるいは小区域にセグメントする点でINSERT-WHOLEとは異なる。データのそれぞれのブロックは上述の方法によって挿入された透かしを有する。即ち、 $8 \times 8$ のそれぞれ部分画像あるいは小区域に対して適切なスペクトル形成の後、擬似乱数ノイズのシーケンスがDCT係数に挿入される。この手順は全てのこのような部分画像あるいは小区域に対して繰り返される。

30 部分画像あるいは小区域のサイズは好ましくは $8 \times 8$ であるが、その他のサイズ、例えば $2 \times 2$ 、 $3 \times 3$ 、 $4 \times 4$ 、 $16 \times 16$ でもよい。

【0030】図2は本発明の教えによる透かし挿入手順の概略ブロック図を示している。透かし信号は、図1に関する説明されたものと同じ方法で、エラー訂正符号器20、PNマッピング器21、及びスペクトル変換器22によってノイズスペクトル信号に処理される。しかしながら、INSERT-WHOLEあるいはINSERT-MPEG-Aとは異なり、透かしは透かしセグメンター23に入力され、セグメンター23は、組織的に透かしをいくつかの部分透かしに分割する。本来の透かしのいかなる部分も結果として得られるいくつかの部分透かしに余分に見えるかもしれない。同時に、透かし処理されるデータはデータセグメンター24へ入力され、データセグメンター24はINSERT-MPEG-Aと同様ブロックあるいは小区域、例えば $8 \times 8$ の部分画像にデータをセグメントする。透かしセグメンターによって出力される部分透かしのそれぞれは透かし挿入器25a及び25b等の内の一つによってデータブロックに挿入される。透かし挿入器25a及び25b等によって使

用される手順は、図1の透かし挿入器18に関して説明されたものと同じ手順である。即ち、それぞれの部分透かしは、スペクトル形成の後スペクトル変換されたデータブロックに加えられ、その結果データは、空間領域に変換し戻される。最後に、透かし挿入器25a及び25b等からの透かし処理されたデータブロックは、透かし処理されたデータを作るためにデータ結合器26に組み込まれる。

【0031】図3はEXTRACT-WHOLE手順の概略ブロック図を示している。透かし処理された画像、映像、及びマルチメディアデータは、前に実行されたスペクトル形成を元に戻すために最初にスペクトル正規化器30に入力される。もしデータが透かしを含んでいれば、スペクトル正規化器30の出力は、透かしのPN符号化（図1のスペクトル整形器14へ入力された信号）のスペクトル変換に似ている。スペクトル正規化器30の出力はいくつかの相関器31a、31b等へ入力され、相関器31a、31bは、符号化された透かしが含んでいる様々なシンボルを示すために使用されるPNコードで透かしをテストする（即ち、それぞれの相関器は、図1のPNマッピング器11によってシンボルを符号化するために使用される一つのPNコードに対してテストする）。相関器31a及び31b等の出力は決定回路32に入力され、最もよく似たシンボルのシーケンスを決定する。最後に、このシーケンスはエラー訂正器33によって訂正され、エラー訂正器33は、図1でエラー訂正符号器10によって実行された逆符号化を実行する。その結果が抽出された透かしである。

【0032】EXTRACT-MPEG-Aにおいて、透かしが抽出されるデータは、調度INSERT-MPEG-Aのように、いくつかのブロック、例えば $8 \times 8$ 部分画像に最初にセグメントされる。それぞれの部分画像からの信号は、図3の相関器31a及び31b等同様に正規化され、相関器のバンクに挿入される。相関器からの出力は他の部分画像からの対応する相関器の出力に平均化され、その結果、平均相関関係が、上記のように次の処理のために決定回路32に入力される。

【0033】図4は、本発明の教えによる透かし抽出手順の概略ブロック図を示している。透かし処理されたデータは、最初にデータセグメンター40によってブロックにセグメントされ、データセグメンター40は図2の挿入手順の間使用されたデータセグメンター24に対応している。それぞれのデータブロックは、それぞれのデータブロックに挿入された部分透かしと似ている信号を作るため、それぞれのスペクトル正規化器41a及び41b等に与えられる。これらの挿入された部分透かしは、透かし結合器42に入力される。結合器42では、いくつかの部分透かしに余分に見える透かしの部分がノイズを削減するためにともに平均化される。透かし結合器42の出力は、透かしを部分に分割するシンボル分離

器43に入力され、そしてそれが符号化された透かし信号からの一つのシンボルに対応する（図2のエラー訂正符号器20）。

【0034】分離器43からのこれらのシンボルは、それぞれの透かし識別器44a及び44b等に入力され、そしてそれが図3に示されている相関器のバンク及び決定回路を含んでいる。透かし識別器の出力は、本来の符号化された透かし信号で使用されているアルファベットからのシンボルである。識別された信号はシンボル  
10 結合器45によって完全に符号化された透かしに再び組み込まれる。その結果、最後に符号化された透かしがエラー訂正器46によって復号化される。

【0035】挿入及び抽出手順をさらに詳しく説明する。INSERT-ORIGINAL及びEXTRACT-ORIGINALにおいて、その目的は、本来の画像が抽出時に利用可能な時、画像に单一のPN（擬似乱数ノイズ）シーケンスを埋め込むことである。PNシーケンスに関する情報は、埋め込まれた透かしの本来の画像及びスペクトルの位置と共に、データベースに蓄積され  
20 れていると思われる。N個の最も大きい係数によって透かしの知覚的に最も重要なN個の領域に実行が近かつたので、透かし処理された成分の位置は記録されなければならない。しかしながら、この整列は透かし処理に対して不变ではなかった。N個の最も大きい係数は透かしを挿入する前よりも挿入後のほうが異なっている。

【0036】この問題を解決するために、本発明は、スペクトルの所定の位置、典型的には第1のN個の係数に透かしを配置する。しかしながら、もし、透かしが共通の信号変換、例えば、圧縮、測定等を残すべきであっても、このような位置はスペクトルの知覚的に重要な領域に属すべきであるが、いかなる所定の位置も使用することが不可能である。

【0037】より一般的には、埋め込まれる情報は、アルファベットのAから得られたm個のシンボル（即ち、2進数字あるいはASCIIシンボル）のシーケンスである。エラー検出及び訂正のために追加のシンボルがこのデータに加えられる。それぞれのシンボルは拡散スペクトル修正され、それぞれのシンボルはチップとして知られている独自のPNシーケンスにマッピングされる。  
40 チップごとのビット数は予め設定されていて、チップの長さが長くなるほど、検出された信号ノイズ割合が高くなるが、これは信号帯域幅に負担をかけることになる。

【0038】PNシーケンスの出力スペクトルは白色、即ち短調で、それ故“ノイズ”即ち、透かしが埋め込まれる画像／映像／マルチメディアデータの出力と一致するように形成される。従来の方法から修正されなければならないのは、このスペクトル形成なので、抽出処理はもはや本来の画像を必要としない。これを行うために、透かし処理されたスペクトルのそれぞれの係数は、係数  
50

自体よりむしろ画像スペクトル係数の出力の局部的平均によって測定され、即ち次の数2式の通りとなる。

## 【0039】

## 【数2】

$$f'_i = f_i + \alpha \text{avg}(|f_i|) W_i$$

その平均は、絶対係数値の平均であり、係数値そのものではない。これはそれぞれの周波数で示される平均出力を効果的に評価している。その他の平均の手順は、例えば、いくつかのフレームに渡って平均したり、あるいは $8 \times 8$  ブロックの局部的に近接している部分の平均といったものが可能である。

【0040】この平均はいくつかの方法で得られる。一つは2次元の領域に亘る局部的平均である。代わりに、2次元のスペクトルは一次元のベクトルを形成するためにサンプリングされ、一次元の局部的平均が実行される。2次元の $8 \times 8$  DCT係数の一次元のベクトル化はMPEG IIの一部として既に実行されている。その平均は、近接した部分における単純なボックスあるいは加重された平均である。

【0041】映像データに対して、いくつかのフレームに亘ってスペクトル係数の一時的な平均が適用される。しかしながら、いくつかのフレームは、抽出器のスペクトル正規化段階で平均化する必要があるので、絶縁状態で得られる個々の映像フレームを保護することは不可能である。この理由で、本発明は映像フレームを静止画像の異常に大きい集合体をして扱っている。この方法で、個々の映像フレームは複写保護を施されている。

【0042】透かしを抽出するために、スペクトル正規化を実行することが必要であり、このスペクトル正規化では、以前に行われたスペクトル形成手順が逆になる。本発明において、本来の透かし処理されていない信号は利用できない。周波数係数の平均出力  $\text{avg}(|f_i|)$  は透かし処理された信号の平均、即ち  $\text{avg}(|f_i|)$  に近付く。

## 【0043】

## 【数3】

$$\text{avg}(|f_i|) \approx \text{avg}(|f_i|)$$

$\alpha \text{avg}(|f_i|) W_i << f_i$  なので、これはほぼ正確であるといえる。このとき  $W_i$  は透かし成分で、 $\alpha$  は0.1から0.01の間の範囲において基本的に一定である。

【0044】正規化段階では、それぞれの係数 ( $f_i$ ) が近接した局部的平均  $\text{avg}(|f_i|)$  によって受信信号に分割される。即ち、次の数4式が得られる。

## 【0045】

## 【数4】

$$\begin{aligned} f'_i &= \frac{f_i + \alpha \text{avg}(|f_i|) W_i}{\text{avg}(|f_i|)} \\ &\approx \frac{f_i}{\text{avg}(|f_i|)} + \alpha W_i \end{aligned}$$

\* 数4式の右側 (RHS) の最初の項  $f_i / \text{avg}(|f_i|)$  は、ノイズの項と考えられている。透かし処理されていない係数へのアクセスのためにこの項を除去する

10 ことができないので、この項は米国特許出願第08/534, 894号に説明されているシステムの中に示されていない。第2の項  $\alpha W_i$  は、従来の相関関係を使用して検出される本来の透かし信号である。

【0046】もし、透かしが單一のいずれかの $8 \times 8$  のブロックから抽出された場合、検出器の信頼性は非常に低くなる。しかしながら、もしそれぞれの $8 \times 8$  ブロックから抽出された透かしが最初に共に加えられ、平均化された透かしが相関器に使用された場合、非常に強い、明白な反応が得られる。これは、それぞれのブロック内

20 で相関関係が起り、それぞれの相関器からの出力が共に平均される米国特許出願第08/715, 953号で説明されている方法とは異なる。本発明では検出反応を改善し、それぞれのブロックに関する計算要求を非常に削減したことが分かるであろう。

【0047】本発明を実行する際、好ましくは、アルファベットのそれぞれのシンボルに対して独自のPNシーケンスがある方がよい。検出器の出力が画像の $8 \times 8$  の部分画像ブロックで線形的に減少するので、この方法はクリッピングに対して比較的強い。APS (アナログ保護システム) 及びCGMS (複写生成管理システム) のための埋め込まれた信号のDVD (デジタル映像ディスク) に対して、全部で8あるいは16個のPNシーケンスがある。

【0048】 $512 \times 512$  画像の $8 \times 8$  ブロックの数は4096であり、16シンボルのうちの一つ以上が画像あるいは映像フレームに埋め込まれていることを示している。例えば、画像の128シンボルのうちの一つを埋め込むことが望ましいと仮定する。すると、128の平行相関関係を実行することが必要となる。これは、計算上取り扱いやすいが、それぞれの相関関係のハードウェアの実行は非常に複雑になる。その代わりの方法としては、2つの2進シンボルを使用することだけが挙げられる。透かしを故意に除去することをより困難にするために、一つ以上のPNシーケンスを2つの2進シンボルあるいはビットのそれぞれに結合することは望ましい。この場合、たった2つだけ相関器があり、2進列が画像に埋め込まれる。低いビットエラー率は、検出器の出力が低くなるので非常に高くなる。しかしながら、これは、リード・ソロモン (RS) のようなエラー訂正コードを使用することによって容認できるレベルまで削減で

きる。RSコードは、画像のクリッピングのために起こるバーストエラーに対して強い。その他のエラー訂正コードもまた使用できる。

【0049】この方法を使用する時、受信器は符号化されたブロックの開始位置を知ることが必要となる。画像がクリッピングされる時は特に、開始位置ははつきりしていない。しかしながら、従来の同期方法、例えば、空間的あるいは独自のシンボル、あるいはシンボルの列を有するそれぞれのブロックに先行させる方法は使用できる。

【0050】透かしを挿入するために、それぞれの $8 \times 8$ ブロックは個々の部分画像あるいは小区域として扱われる。小区域のDCTが計算され、2次元的DCTが図5に示されているジグザグパターンでベクトル化されるが、その他のパターンも可能である。これらの2つの段階はほとんどの計算を構成するが、MPEG符号化処理の一部である。次に、PNノイズシーケンス

{ $w_1, \dots, w_n$ } が前のように式1を使用してDCT係数に挿入される。PNシーケンスの長さは、64 ( $8 \times 8$  ブロック内) を越えることは出来ず、典型的には11から25の範囲と非常に短い。もし、単一のコードのみ画像に挿入されるべきであるなら、同じPNシーケンスが、 $720 \times 480$  の64-5400個のブロックのそれぞれの挿入される。しかしながら、手順の中ににおけるこの点でこの変形を行うことも可能である。それぞれのブロックの列内で、PNシーケンスは、次のブロックに挿入する前に一つの周波数係数によって周期的に回転している。同様に、PNシーケンスはそれぞれの新しい列の開始時の一つの周波数係数によって周期的に回転している。図6は回転の順序を示している。

【0051】これらの回転あるいはシフトの目的は、透かし抽出段階の反応を改良することである。初期の実験では、あるDCT係数は他のものより評価するのが難しいことが明らかになった。これらの係数の位置は画像から画像へと変化したからである。しかしながら、係数は画像内では一貫して不十分である。従って、シフティングなしで、一つ以上の評価される透かし係数は他の透かし係数と比較してひじょうに質が低下し、それによって、検出器の性能も落ちる。反対に、シフティングが効果を非常に減少させ、不十分なDCT係数が单一の透かし係数を有し、検出器に性能が目立つて向上する。いかなる周期的なパターンでも使用できることは注目すべきである。

【0052】一度透かしの回転が行われると、更に修正が有効になる。始めに、透かしの長さが64以上とかなり長くなる。それから、それぞれのブロックに対して、透かし係数(5)の小さな部分集合のみ最初の5つのDCT係数(d.c.項を除く)に挿入される。回転のために、透かしの異なる部分集合が近接している $8 \times 8$ ブロックに挿入される。最後に、透かしの挿入が完了し

て、MPEG符号器は次の圧縮段階に進むことが可能となる。

【0053】透かしが、透かしの歪みを削減するMPEG量子化段階の後に挿入されることは注目すべきである。MPEG-2は“ジグザグ”と呼ばれる便利な位置次元のベクトル化を実行し、これによって、簡単な $3 \times 1$  ボックスの平均が係数(d.c.項を除く)上で実行されることが可能となる。

【0054】実際、図7に示されているように、もし10 d.c.項に最も近い2つの4結合係数を使用して平均化が実行されるのであれば、性能は改良される。

【0055】透かしの検出は、まず、式1を使用してそれぞれの $8 \times 8$ ブロックからPNシーケンスを抽出することから始まる。それぞれのブロックに対して、PNシーケンスは、一つの周波数係数によって周期的に反対の方向にシフトされ、全てのブロックに亘る平均は算出される。実際、このプロセスはインクリメンタルに計算され、全ての抽出された透かしの一時的な蓄積は必要としない。荷重が、共通の信号変換、例えば、低通過フィルタリングに対する帯磁率に基づいて決定される場合、荷重された平均化もまた使用される。最後に、平均透かしは、相関関係によって本来のPNシーケンスと比較される。行方向に透かしをシフトする理由を明らかにする。もし、画像が任意のブロックの境界でクリップされたら、計算された平均透かしは、單に、クリップされた画像の一部の相対的な位置の関数の量だけ回転するであろう。相関関係は、透かしの全ての置換(基本的には11から25)で行われる。最大値を有する相関器からの出力は、決定するために使用される。抽出段階は図4に示されている。透かしの全回転に関する最大相関器出力を得ることによってノイズを含んだ回路構成を決定がなされる。これを改善するために、透かしは2つの部分に分けられ、同期部分が長さがKで、照合部分はN-Kである。それから、透かしは以前のように抽出され、相関関係はまず、この透かしの同期部分の全ての回転においてのみ実行される。最大相関出力が記録され、透かしの照合部分は対応する量だけ回転し、第2の相関関係は透かしの照合部分で実行される。この方法は、システムの全体の信頼性を非常に向上させる。実験中に、いくつかの透かしが、同じ画像上の他のものより良く行われていることに気付く。これは、透かしの同期部位及び照合部位の間の相関関係の統計値が変化することによる。理想的に言えば、2つの部位は非常に低い相関関係であるべきである。しかしながら、透かしが良く状態で行われていないいくつかの場合において、2つの部位間の予想外の相関関係を見つけることになる。

【0056】本発明は、本来のデータが透かし抽出を必要され、それにより、透かし処理された、あるいは本来のデータがなくても透かし抽出が可能となる電子透かしの方法に修正を加える。本発明は、好ましくはMPEG40

／JPEG係数を使用する方がよい。画像は典型的な8×8ブロックの部分画像あるいは小区域に分けられ、それぞれの部分画像は処理され、そして抽出された透かしを派生するために結合される。その結果、透かしの抽出は非常に高い信頼性を有することになる。

【0057】上記の発明は、従来例のINSERT-WHOLE、INSERT-MPEG-A、EXTRACT-WHOLE、EXTRACT-MPEG-Aのアルゴリズムに対する改良を説明しているが、画像データに透かしを挿入したりそれを抽出したりするために同じ改良がどのようなアルゴリズムにでも使用されることは当業者には明らかである。本発明のこれについてのより一般的な見解は図8及び9に示されている。

【0058】図8は、透かしを挿入するための一般的な方法の概略ブロック図を示している。この一般的な方法は、非ブロック性の透かし挿入アルゴリズムを利用しておらず、このアルゴリズムは、以後“基本挿入アルゴリズム”と称する。透かし符号器80は透かしを基本挿入アルゴリズムに対する適当な形状に変換する。もし、基本挿入アルゴリズムが、例えば図1に示されているものであれば、透かし符号器80は透かし符号器19に対応して、エラー訂正符号器10、PNマッピング器11及びスペクトル変換器12を有する。しかしながら、もし、異なった基本挿入アルゴリズムが使用された場合、透かし符号器80は異なった透かしの変換を行ってであろう。符号器80からの符号化された透かし信号は透かしセグメンター81に入力され、透かしセグメンター81は透かしを一組の部分透かしに分割する。本来の透かしのいかなる部分も結果として得られるいくつかの部分透かしに余分に見える。透かし処理されるデータはデータセグメンター82に入力され、データセグメンター82はデータを小区域に分割する。それぞれの部分透かしは、透かし挿入器83a、83b等によってそれぞれのデータ小区域に挿入される。透かし挿入器は基本挿入アルゴリズムを実行するので、もし基本挿入アルゴリズムが図1に示されているものであれば、それぞれの透かし挿入器83a、83b等は透かし挿入器18に対応し、スペクトル変換器13、スペクトル整形器14、遅延器15、合算器16及び逆変換器17を有する。しかしながら、もし、異なった基本挿入アルゴリズムが使用されるべきであるなら、透かし挿入器83a、83b等は、透かしを透かし処理されるデータの小区域に挿入する異なる方法を用いるであろう。透かし挿入器からの出力は、透かし処理されたデータを与るためにデータ結合器84に組み込まれる。

【0059】図9は対応する一般的な抽出アルゴリズムの概略ブロック図を示している。アルゴリズムは、“基本抽出”アルゴリズムを利用し、これは透かしを透かし処理されるデータに挿入する（図8）際に使用される基本挿入アルゴリズムに対応している。図9のアルゴリズ

ムは、実質的には図4に示されているアルゴリズムと同じであるが、一般的な場合、スペクトル正規化器41a等が透かし抽出器91aと置き代わっており、これが基本抽出アルゴリズムを実行する。即ち、もし使用されている基本挿入アルゴリズムが図1に示されているアルゴリズムであるならば、図9の透かし抽出器91a等は図4のスペクトル正規化器41aとなる。

【0060】ここまで、データの透かし処理されていないものを使用せずに、透かしを挿入及び透かし処理され10たデータから透かしを抽出するシステムについて説明してきたが、本発明の原理及び教えから逸脱することなく変形及び修正が可能であることは当業者には明らかである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】透かし挿入手順の概略ブロック図である。

【図2】本発明の教えによる透かし挿入手順の概略ブロ15ック図である。

【図3】透かし抽出手順の概略ブロック図である。

【図4】本発明の教えによる透かし抽出手順の概略ブロ20ック図である。

【図5】部分画像をベクトル化するために有用なジグザグパターンを図示したものである。

【図6】PNシーケンスの回転を図示したものである。

【図7】平均化された期間の空間的関係を示した8×8ブロックを図示したものである。

【図8】本発明による透かしを挿入するための方法の概略ブロック図である。

【図9】本発明による透かしを抽出する方法の概略ブロ25ック図である。

#### 【符号の説明】

10 10 エラー訂正符号器

11 11 PNマッピング器

12 12 スペクトル変換器

13 13 スペクトル変換器

14 14 スペクトル整形器

15 15 遅延器

16 16 加算器

17 17 逆変換器

18 18 透かし挿入器

40 19 透かし符号器

20 20 エラー訂正符号器

21 21 PNマッピング器

22 22 スペクトル変換器

23 23 透かしセグメンター

24 24 データセグメンター

25a 25a 透かし挿入器

25b 25b 透かし挿入器

25i 25i 透かし挿入器

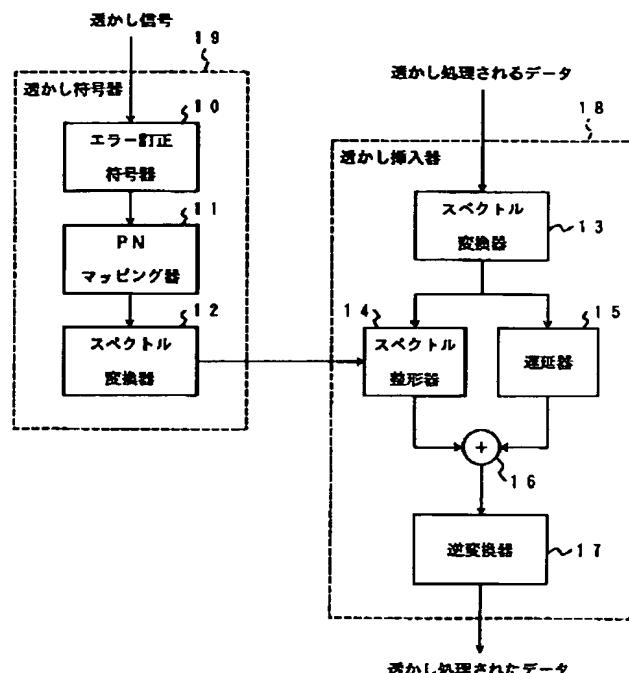
26 26 データ結合器

50 30 スペクトル正規化器

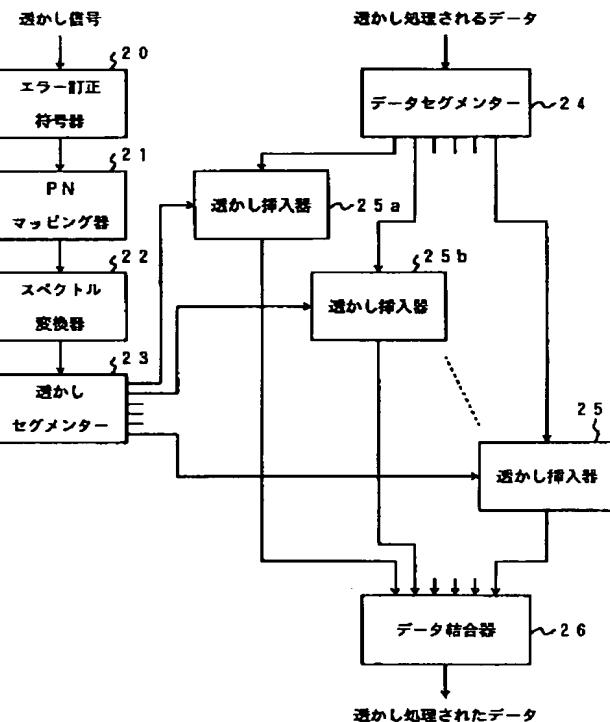
- 3 1 a 相関器  
 3 1 b 相関器  
 3 1 i 相関器  
 3 2 決定回路  
 3 3 エラー訂正器  
 4 0 データセグメンター  
 4 1 a スペクトラム正規化器  
 4 1 b スペクトラム正規化器  
 4 1 i スペクトラム正規化器  
 4 2 透かし結合器  
 4 3 シンボル分離器  
 4 4 a 透かし識別器  
 4 4 b 透かし識別器

- \* 4 4 i 透かし識別器  
 4 5 シンボル結合器  
 4 6 エラー訂正器  
 8 0 透かし符号器  
 8 1 透かしセグメンター  
 8 2 データセグメンター  
 8 3 a 透かし挿入器  
 8 3 b 透かし挿入器  
 8 3 i 透かし挿入器  
 10 8 4 データ結合器  
 9 1 a 透かし抽出器  
 9 1 b 透かし抽出器  
 \* 9 1 i 透かし抽出器

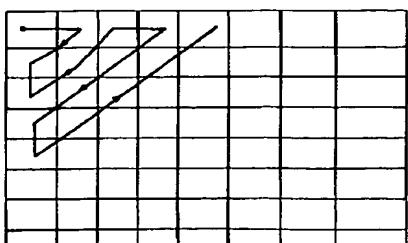
【図1】



【図2】



【図5】



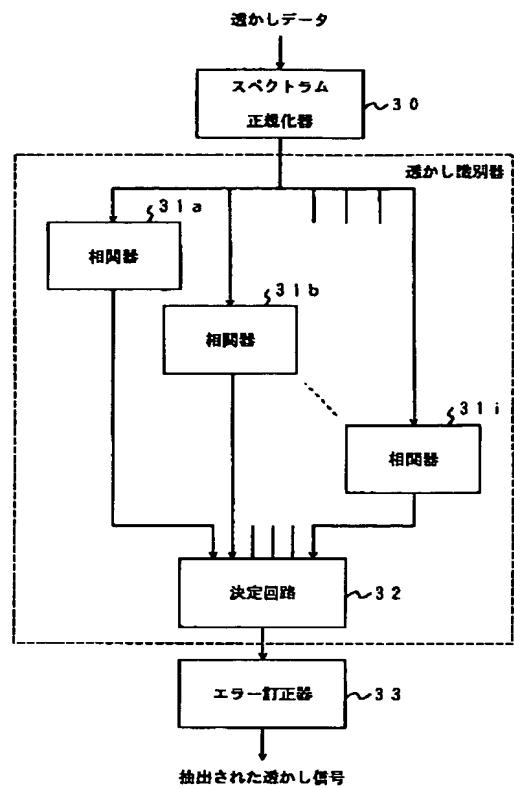
【図6】

0	1	2	3	--
1	2	3	4	...
2	3	4	5	...
3	4	5	6	...

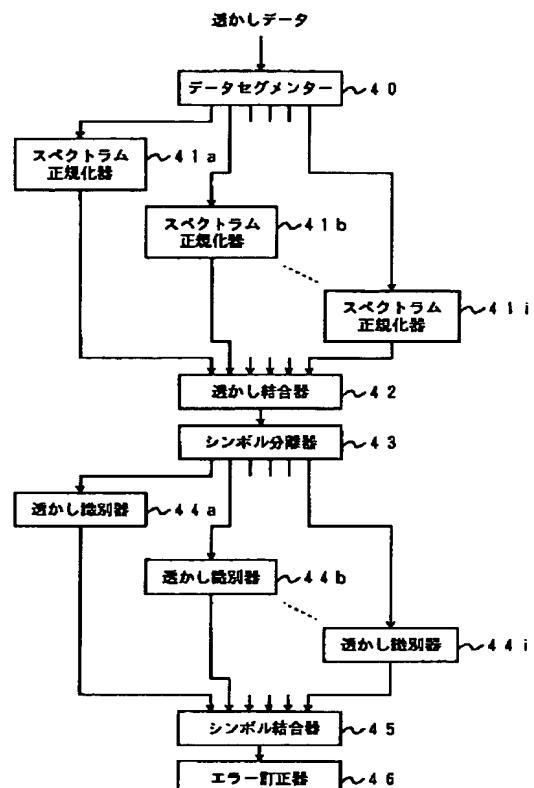
【図7】

dc			
		•	
	•	x	

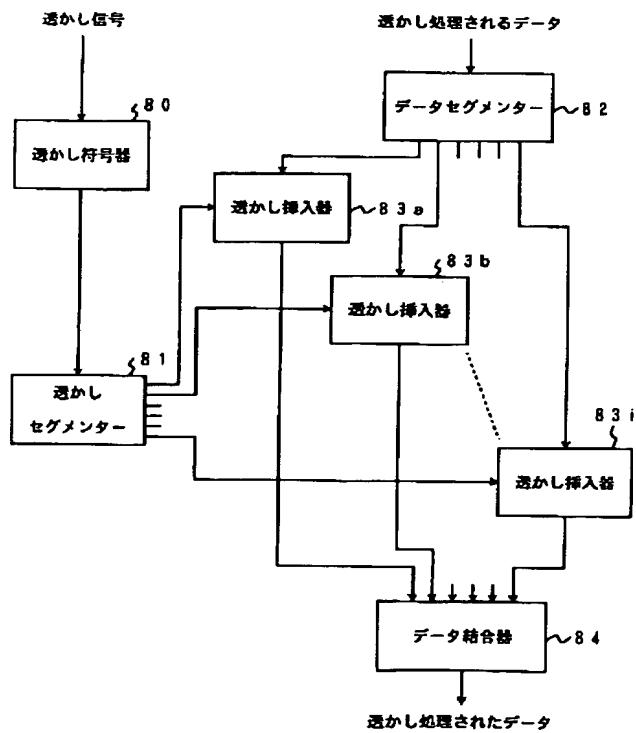
【図3】



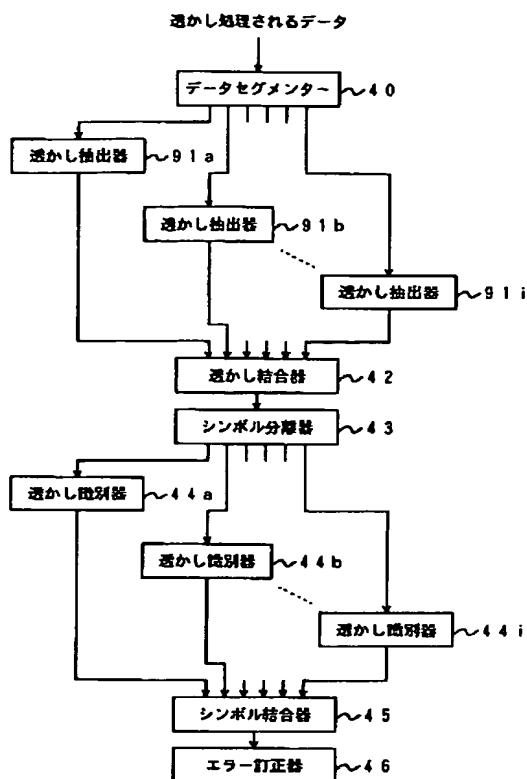
【図4】



【図8】



【図9】




---

フロントページの続き

(72)発明者 イングマー コックス

アメリカ合衆国, ニュージャージー  
08540, プリンストン, 4 インディペン  
デンス ウェイ エヌ・イー・シー・リサ  
ーチ・インスティテュート, インク. 内

(72)発明者 マシュー ミラー

アメリカ合衆国, ニュージャージー  
08540, プリンストン, 4 インディペン  
デンス ウェイ エヌ・イー・シー・リサ  
ーチ・インスティテュート, インク. 内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**